

学校编码: 10384

学号: 23220081153373

分类号\_\_\_\_\_密级\_\_\_\_\_

UDC\_\_\_\_\_

厦门大学

硕士学位论文

新型电缆防盗策略的研究与实现

The Design and Research of new cable anti-theft strategy

罗 湘

指导教师姓名: 余 臻 教授

专 业 名 称: 检测技术与自动化装置

论文提交时间: 2011 年 5 月

论文答辩日期: 2011 年 月

学位授予日期: 2011 年 月

答辩委员会主席:

评 阅 人:

2011 年 5 月

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( )  
课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)  
经费或实验室的资助,在( )实验室完成。

(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名): 罗湘

2011 年 6 月 3 日

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（        ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于        年        月        日解密，解密后适用上述授权。

（    √    ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：罗湘

2011 年 6 月 3 日



## 摘 要

近年来,随着国民工业的发展,对金属资源的需求大大提高,从而导致了各种金属资源的供应紧张,其价格也逐步上升,电缆由于其含铜量高,分布分散,无人值守等特点,逐渐受到偷盗者的关注,造成了很大的社会隐患,尤其是对于大型桥梁的路灯电缆,被盗不仅会给公共事业带来困扰,更会给人民的生命带来严重的威胁。由此产生了各种各样的电力线防盗方法,主要有专业值守人员进行值守巡查,地下铺设以及利用电子仪器进行检测保护等,由于前两种防盗方法存在的缺陷,目前主要采用电子仪器检测法来进行电缆保护。

本文主要介绍一种基于阻抗特征值测量的电缆防盗方法,该方法利用电力系统的阻抗值作为电缆运行状态的主要判断依据,利用基于微分方程的算法进行电力数据的采集,对电力系统通电的情况下,将电流电压通过互感器转换到可测量范围后进行采样,进而计算得到阻抗值;在电力系统断电的情况,给电力系统加载 5V 的直流电压,通过采集电压与电流得到阻抗值,最后为了增加精确性,采用电流值与阻抗值相结合的模糊逻辑状态估计的方法来判断。本文设计的电缆防盗装置作为远程监控系统的一个终端,利用中国移动的 GPRS 网络将电缆状态传送给数据中心,数据中心再将状态转发给系统监控平台。

为了解决基于阻抗特征值的电缆防盗方法存在的问题,对于电力系统断电的情况,采用基于并联谐振的方法对系统进行改进。该方法通过在母线与中性点之间并联一个保护电阻和电感,加载一个不足以使路灯点亮的变频电压下使线路发生并联谐振,检测线路的电压电流相位,根据相位差判断电缆是否被盗,且在电缆被盗后,调节电压频率使线路重新达到并联谐振,利用此时谐振频率与被盗前进行比较,能对电缆被盗点进行定位,及时阻止盗窃。

**关键词:** 阻抗特征值; 谐振特征值; 电缆防盗

厦门大学博硕士论文摘要库

## Abstract

In recent years, with the development of national industries, The demand for metal resources greatly increased, These resulted in various metal resources tight supply and its price is rising gradually. The cable is mainly made up of the copper and has been out in the open. For the above reasons, the thieves pay more attention to the cables, and then the electric cables are usually stolen. The burglaries not only bring the property damage for the society, but also the personal safety of people. Thus there has come into a series of anti-theft method, which includes guarded by people, laying the cables underground and guarded by electronic equipment. Guarded by people can only be used in closed environment such as factory, school and so on. And the method laying the cables underground is too expensive. In view of the foregoing, much of the application has focused on guarded by electronic equipment.

This paper mainly introduces a cable anti-theft method based on the impedance characteristic. This method uses the algorithm based on the differential equation to calculate the electric power data and the impedance characteristic to judge the state of the cable. In the concrete design of anti-theft for the cable, we divide the system into switch-on status and switch-off status, in different status different methods is used to calculate the impedance characteristic, fially we get the state of the cable through the value of the impedance and the current.

In order to solve the problem which exist in the method of the impedance characteristic, when the switch is off, we present a new method based on Parallel Resonance. In this method we connected a protective resistance and controllable inductance in parallel, and then loaded a variable-frequency voltage not enough to light the lamp. By adjusting the frequewny of the voltage we can make the system We connected a protective resistance and controllable inductance in parallel, and then loaded a variable-frequency voltage not enough to light the lamp. When the cables were stolen we can adjust the voltage frequency and the inductance to Parallel Resonance. Comparing the frequency with that before the stealing, we can make sure the stolen point. When the cables were stolen we can adjust the voltage frequency and the inductance to Parallel Resonance. Comparing the frequency with that before the

stealing, we can make sure the stolen point.

**Keywords:** Impedance Characteristics; Parallel Resonance; cable anti-theft.

厦门大学博士论文摘要库

## 目 录

<b>第一章 绪论 .....</b>	<b>1</b>
1.1 国内外研究现状 .....	1
1.2 课题背景与来源 .....	3
1.3 主要研究内容 .....	4
1.4 章节安排 .....	4
<b>第二章 远程电力监控系统原理 .....</b>	<b>6</b>
2.1 远程电力监控系统框架 .....	6
2.2 GPRS DTU 工作原理 .....	7
2.2.1 GPRS 简介 .....	7
2.2.2 GPRS DTU 原理和数据通信过程 .....	8
2.3 SOCKET 网络通信的实现 .....	10
2.3.1 Socket 简介 .....	10
2.3.2 Socket 网络通信的实现 .....	12
2.4 本章小结 .....	17
<b>第三章 电力数据采集与电缆防盗原理 .....</b>	<b>18</b>
3.1 电力数据采集原理 .....	18
3.1.1 基于正弦函数模型的算法 .....	18
3.1.2 基于周期函数模型的算法 .....	20
3.1.3 解微分方程算法 .....	22
3.2 常用电缆防盗方法分析 .....	23
3.2.1 信号检测法 .....	24
3.2.2 信号传输法 .....	25
3.3 防盗系统原理分析 .....	25
3.4 本章小结 .....	27



第四章 基于阻抗特征值的防盗模块设计 .....	28
4.1 模块框架 .....	28
4.2 电缆防盗模块硬件设计 .....	29
4.2.1 处理器芯片分析 .....	29
4.2.2 电源模块设计 .....	31
4.2.3 通信模块设计 .....	32
4.2.4 A/D 转换与采样电路 .....	34
4.2.5 看门狗电路与掉电存储 .....	35
4.3 电缆防盗模块软件设计 .....	36
4.3.1 uC/OS-II 系统及移植 .....	36
4.3.2 通信协议分析 .....	41
4.4 报警状态输出估计 .....	43
4.5 本章小结 .....	45
第五章 新型电缆防盗与定位方案的研究 .....	46
5.1 路灯结构分析 .....	46
5.2 谐振特征值原理 .....	47
5.3 基于并联谐振特征的电缆防盗原理 .....	49
5.4 系统仿真 .....	50
5.5 本章小结 .....	51
第六章 总结及展望 .....	52
参考文献 .....	53
作者在攻读硕士学位期间发表的论文 .....	56
致 谢 .....	57

## Contents

<b>Chapter 1 introduction.....</b>	<b>1</b>
1.1 present research situation of home and abroad .....	1
1.2 research background.....	3
1.3 main research contents .....	4
1.4 chapter organization .....	4
<b>Chapter 2 remote power monitoring system theory .....</b>	<b>6</b>
2.1 frame of remote power monitoring system .....	6
2.2 principle of gprs dtu .....	7
2.2.1 introduction of gprs .....	7
2.2.2 the communication process of gprs dtu .....	8
2.3 implementation of socket network communication .....	10
2.3.1 introduction of socket .....	10
2.3.2 design of socket .....	12
2.4 chapter summary .....	17
<b>Chapter 3 power data collecting and principle of cable anti-theft .....</b>	<b>18</b>
3.1 principle of power data collecting .....	18
3.1.1 algorithm based on sine function model .....	18
3.1.2 algorithm based on periodic function model .....	20
3.1.3 algorithm based on differential equation .....	22
3.2 commonly used methods to analyze the cable guard against theft .....	23
3.2.1 method of signal detection.....	24
3.2.2 method of signal propagation .....	25
3.3 analysis of anti-theft system.....	25
3.4 chapter summary .....	27
<b>Chaper 4 anti-theft module design based on impedance characteristic</b> <b>.....</b>	<b>28</b>
4.1 frame of module .....	28

4.2 hardware design of module .....	29
4.2.1 processor chip analysis .....	29
4.2.2 design of power module .....	31
4.2.3 design of communication module.....	32
4.2.4 a/d conversion and sampling circuit .....	34
4.2.5 watch-dog circuit and off electricity storage .....	35
4.3 software design of module .....	36
4.3.1 system transplantation of uc/os-ii .....	36
4.3.2 analysis of communication protocol.....	41
4.4 alarm status output estimate .....	43
4.5 chapter summary .....	45
<b>Chapter 5 research of new cable anti-theft scheme.....</b>	<b>46</b>
5.1 model of the street lamp.....	46
5.2 principle of parallel resonance measurement.....	47
5.3 anti-theft module design based on parallel characteristic .....	49
5.4 simulation and test .....	50
5.5 chapter summary .....	51
<b>Chapter 6 conclusion and prospect.....</b>	<b>52</b>
<b>Bibliography.....</b>	<b>53</b>
<b>Released papers .....</b>	<b>56</b>
<b>Acknowledgements .....</b>	<b>57</b>

## 第一章 绪论

近年来经济的飞速发展，加快了城市建设的步伐，同时也带动了市政建设的发展，道路和桥梁的夜景照明作为城市的形象窗口，也得到了前所未有的发展，但是随着其规模的日益扩大，也产生了一系列的安全隐患，特别是随着近几年来铜等金属的价格不断上涨，频频出现电缆线被盗的情况，电缆的被盗不仅影响城市的景观与交通，同时也带来了一系列的安全问题。据相关报道，仅 2005 年至 2008 三年时间，广州市城区发生的路灯电缆被盗案件就达 240 余起，直接经济损失高达 700 余万，以下是近段时间发生的两起电缆被盗事件的报道。

1. 2011 年 1 月 25 日，镇江市金港大道 3200 米的电缆被盗，造成直接和间接经济损失 60 余万元。金港大道是该市第一条数字公路，位于道路主要入口、原来用以对进入车辆发布交通信息的一台单悬臂可变情报板，已经无法发布信息；用来检测金港大道入口车流量等数据的超声波车辆检测器，也无法正常运行；道路上的部分路灯也“失明”了，这为该路段的交通安全埋下了隐患。
2. 2010 年 8 月，泉州市丰泽区海体中心附近的瑞安街、城东街、东浦路等三条市政主干道的路灯电缆多次被剪，涉案价值 4 万多元，为了加强中心失去路灯巡查力度，市政部门曾专门建立一套夜景防盗系统，由于技术上的原因经常谎报，后只能取消。后出于权宜之计，维修成员只能将线路换成铝线来代替，这样电缆的使用年限大大降低，给市政工程带来了很大的隐忧。

### 1.1 国内外研究现状

目前输送电力的电缆分为高压电网和低压电网，一般来说，高压电网因电压高，架设高度高，偷盗危险性大，相对来说比较安全，而对于 380V 及以下电压的电力线，因其电压低，而线材的价值较高，成为偷盗的主要的目标，当前的电缆防盗研究也就主要集中在低压电缆方面，传统的电缆方法主要有：

- 1) 派出专门人员看守巡视

这种方法只适用于小范围内电缆密集的场所，且可以与消防治安相结合，但对于电缆分布较分散的情况得耗费较多的人力物力。

2) 将电缆隐蔽铺设在地下

由于地下铺设电缆不易被人发现，因而具有很好的隐蔽性和保护性，可起到一定的防盗作用，但埋设在地下的电缆工程量较大，成本高，检查维护不便，往往只适用于电网密度大，人口聚居的地点，此外一旦不法之徒发现电缆的铺设线路，偷盗电缆后的修复工作更加繁琐，修复成本更高。

3) 采用电子仪器来实时监测电缆的状态

在电缆上安装监测报警仪器，当电缆被盗剪时，仪器能发现电缆的异常而发出的报警信号通知有关人员。

基于前两种方法的局限性，目前的防盗策略一般都使用第三种方法，目前市场上根据不同的设计原理设计出的电子仪器已有不少，但很难有一种方法能很好的解决电缆的被盗问题，原因在于路灯电缆的自身特性和环境的局限性，主要表现在以下几个方面：

- 1) 照明线路晚上亮灯线路上有电流、白天熄灯线路上没有电流，而电缆保护要求是全天候的防盗报警，需加载另外的信号源才能检测出电缆的状态；
- 2) 路灯电缆的每个路灯上都有并联几十微法的补偿电容，传统的电力载波信号强度随距离成指数规律下降，导致电力载波通讯非常不可靠；
- 3) 高压钠灯寿使用过久会出现“自熄”现象或忽闪忽灭的现象，这些都将导致电缆电流不稳定；
- 4) 照明设备的自身故障导致局部路灯熄灭时也会产生电流变化，这种情况下难以根据电流分辨该情况是电缆被盗所致还是灭灯所致。

当前国内外大多数报警系统都是采用基于电力线载波或者公用电话网的通信方式，纵观这两种方式，电力载波的优点在于直接、经济，但是由于其信号随着电缆长度增加呈指数级衰减，从而造成监测距离短，且准确率不高的情况；而公用电话网则能提供远距离可靠传输，但是其造价高昂。

## 1.2 课题背景与来源

我国的路灯远程监控系统自动化技术研究工作始于上个世纪八十年代，经历了近三十年的发展，已经进入实质性的应用阶段，特别是数字保护技术和 GPRS 通信方式的引入，使自动化监控更上了一个台阶。

目前我国的远程监控系统已经大量采用 GPRS 传输方式，对终端设备数据进行数字化，将其传输到远方的监控端，在这种模式下，能克服传统传输方式数据丢失、运行费用高等弊端，在构架远程路灯监控系统时，电缆防盗系统是监控系统的子模块，用来监控路灯电缆的安全状况，本文选取的是 2009 年 6 月至 2010 年 1 月福建省厦门市某大桥远程无线监控系统的开发项目作为课题开发背景，设计出一个依附在远程电力监控系统之上的远程电缆防盗系统，实时保护大桥路灯电缆的安全，保障大桥路灯的正常运行，对该子系统的具体实现要求如下：

- 1) 全天候保护，对于路灯系统来说，存在亮灯与灭灯的状态，而在灭灯状态下，线路上是没有任何负载的，电缆防盗系统必须在两种情形之下都能进行电缆保护。
- 2) 报警准确性，报警的准确性是路灯监控最基本的要求，既要求系统在电缆被盗时能及时报警，把报警信息传输到远方监控平台上，也要求在系统正常运行时，不会出现报警的情形，否则将浪费人力物力；此外，在报警信息的传输过程中，GPRS DTU 应该保证可靠传输，避免数据包丢失，保证数据可靠传输。数据中心可与多个检测点同时进行数据通信，互不干扰。GPRS 网路本身具备完善的频分复用机制，并具备极强的抗干扰性能。
- 3) 报警实时性，报警信息要能实时传输远程的监控平台，系统采用 GPRS 传输方式，GPRS 具有实时在线的特性，数据传输时延小，并支持多点同时传输，因此监控中心可以多个监控点之间快速，实时地进行双向通信，很好地满足系统对数据采集和传输实时性的要求。目前 GPRS 实际数据传输速率在 30Kbps 左右，完全能满足系统数据传输速率即 $\geq 10\text{Kbps}$ 的需求。GPRS 网支持 TCP/IP、X.25 协议，直接与分组数据网如 IP 网互通，接入速度仅几秒钟
- 4) 运行独立性，电力系统与电缆防盗系统是两个独立运行的系统，电缆防盗系统是为了保障电力系统的安全运行，不能干扰电力系统的运行。



### 1.3 主要研究内容

整个远程电力监控系统由主站、数据中心和子站三个部分组成，各子站的数据通过数据中心来转发给主站，本文根据远程电力监控系统中电缆防盗的具体设计要求，提出了一种切实可行的电缆防盗方案的设计和实现，并在该种方案的基础和背景上，仿真并论述了一种新型的电缆防盗方案。

首先，分析了远程电力监控系统的整体框架以及数据传输方式，即整个系统的拓扑结构，开发平台，架构模式，重点分析基于完成端口的 Socket 通信方式以及 GPRS DTU 的通信原理。综述之，对电缆防盗系统所依附的系统框架进行分析。其次，重点研究电缆防盗的原理和方案设计，先介绍当前存在的各种电缆防盗方法，并对其优缺点进行分析，再重点阐述基于阻抗特征值的电缆防盗的原理和数据采集算法。

再次，设计一种切实可行的电缆防盗策略，并阐述其硬件设计方案和软件编程思想，并测试其防盗效果。

最后，针对上述方法提出一种新型的电缆防盗方案，论证其可行性，并对该方案进行 matlab 仿真和提出进一步改进方案。

### 1.4 章节安排

本论文详细讨论基于阻抗特征值的电缆防盗系统的设计方案，并对新型的基于并联谐振的电缆防盗与定位方案进行了研究和仿真，并提出了应用方案，本论文分为六部分，具体结构安排如下：

第一章 绪论：阐述了当前国情下电缆防盗的必要性与迫切性，并分析了电缆防盗技术当前国内外的发展现状，并阐述了远程路灯电力监控系统中电缆防盗的必要性，提出本课题的主要研究内容。

第二章 系统结构：概括远程路灯电力监控系统的框架以及在该系统下电缆防盗系统的拓扑结构，并对电缆防盗系统应用的相关技术进行介绍，具体包括：GPRS DTU 的工作原理；Socket 网络通信实现及其应用。

第三章 电缆防盗技术原理的探讨：比较当前流行的各种电缆防盗技术的优点与缺陷，并对基于阻抗特征值的电缆防盗原理进行阐述，并防盗过程中各种电力数据采集算法进行介绍。

第四章 基于阻抗特征值的电缆防盗系统的设计：依据上章阐述的电缆防盗原理，设计一种复合型的基于阻抗特征值的电缆防盗方案，着重介绍该种方案下的硬件设计与软件逻辑。

第五章 新型电缆防盗与定位方案的研究：在传统的电缆防盗方案的基础上，引入一种新型的基于并联谐振的电缆防盗与定位方法，并设计出一种与基于阻抗特征值方法相结合的应用方案，在 matlab 下进行仿真。

第六章 总结及展望。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库